



Hakkeen jatkuvatoiminen kosteudenmittaus

Jami Harmaala

Tekniikan opinnäytetyö
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Insinööri (AMK)

KEMI 2013

ALKUSANAT

Haluan esittää kiitokset Gasek Oy:lle mahdollisuudesta tehdä tämä opinnäytetyö. Haluan kiittää myös Gasek Oy:n edustajaa Heikki Nikolaa työn ohjaamisesta sekä muita Gasek Oy:n työntekijöitä, jotka ovat osallistuneet projektin toteutukseen. Kiitos kuuluu myös opinnäytetyön ohjaajana toimineelle Tuomas Pussilalle.

TIIVISTELMÄ

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU, Tekniikka

Koulutusohjelma:	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Opinnäytetyön tekijä:	Jami Harmaala
Opinnäytetyön nimi:	Hakkeen jatkuvatoiminen kosteudenmittaus
Sivuja (joista liitesivuja):	36 (2)
Päiväys:	7.5.2013
Opinnäytetyön ohjaajat:	DI Tuomas Pussila, Kemi-Tornion AMK DI Tapani Ruokanen, Kemi-Tornion AMK Automaatioinsinööri, Heikki Nikola, Gasek Oy
<p>Tämän projektimuotoisen opinnäytetyön aiheena oli hakkeen jatkuvatoiminen kosteuden mittaus. Projekti toteutettiin Gasek Oy:lle. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, onko Gasek Oy:n tarpeisiin soveltuvia ja toimivia anturiratkaisuja saatavilla. Toisena tavoitteena oli saada reaaliaikainen tieto kaasuttimelle menevän hakkeen kosteudesta. Toisen tavoitteen toteutumisen ehtona oli, että sopiva anturiratkaisu löytyy ja että se testeissä osoittautuu toimivaksi.</p> <p>Tälle projektille oli työelämälähtöinen tarve, sillä hakkeen kosteus vaikuttaa merkittävästi hakkeen kaasutukseen Gasek Oy:n voimaloissa. Opinnäytetyön teoreettinen osa rajattiin kapasitiiviseen menetelmään, infrapunamenetelmään sekä mikroaalto-, röntgen- ja gammasäteilyyn perustuviin jatkuvatoimisiin kosteudenmittausmenetelmiin. Teoreettinen osa rajattiin edellä mainittuihin menetelmiin siksi, että ne soveltuvat jatkuvatoimiseen kosteudenmittaamiseen ja niistä on olemassa kaupallisia ratkaisuja.</p> <p>Opinnäytetyö rakentui hakkeen kosteuden mittaamiseen soveltuvien ratkaisujen kartoittamisesta, anturin valinnasta sekä anturin testaamisen suunnittelusta ja toteutuksesta.</p> <p>Opinnäytetyön aikana löydettiin useita menetelmiä hakkeen kosteuden jatkuvatoimiseen kosteuden mittaamiseen. Testattavaksi valittu järjestelmä osoittautui testeissä toimivaksi vaihtoehdoksi ja sitä voidaan mahdollisesti hyödyntää tulevaisuudessa Gasek Oy:n laitoksissa.</p>	
Asiasanat: jatkuvatoiminen kosteusmittaus, hake, on-line.	

ABSTRACT

KEMI-TORNIO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Technology

Degree programme:	Electrical Engineering
Author:	Jami Harmaala
Thesis title:	Online Moisture Measurement of Wood Chips
Pages (of which appendixes):	36 (2)
Date:	2013-05-07
Thesis instructors:	Tuomas Pussila, MSc. (Tech.) Tapani Ruokanen, MSc. (Tech.) Heikki Nikola, Engineer, Gasek Oy.
<p>The topic of this thesis was online moisture measurement of wood chips. This project was made for Gasek Oy. The goal of the projekt was to found out if there are suitable sensors available for the Gasek's needs. If the suitable sensor is found and tests proof its functionality, the goal is to get online data of the moisture of wood chips.</p> <p>This project was needed because the moisture of wood chips has a significant effect on the process in gasifier solutions. The theory of this project consist of methods of online moisture measurement such as capacitive method, infrared based method, microwave based method and X-ray and gamma radiation based methods. The theory is based on the above mentioned methods because they are suitable for online moisture measurement and there are already commercial solutions available. This project consists of the survey of online moisture measurement solutions and the tests of the sensor.</p> <p>During this project, many solutions were found to measure the moisture of wood chips online. The chosen solution turned out to be a valid option and it may be used in power plants in the future.</p>	
Keywords: moisture measurement, wood chips, online.	

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
2 GASEK OY	9
2.1 Historia	9
2.2 Gasek Oy:n tuotteet	10
3 HAKKEEN KOSTEUS	13
4 HAKKEEN KOSTEUDEN MITTAUKSEEN SOVELTUVIA MITTAUSMENETELMIÄ	14
4.1 Kapasitiivinen kosteuden mittaus	14
4.2 Infrapunamenetelmään perustuva kosteusmittaus	15
4.3 Mikroaaltoihin perustuva mittaus	16
4.4 Röntgen ja gammasäteilyyn perustuva mittaus	18
4.5 Punnitus-kuivausmenetelmä	20
5 HAKKEEN KOSTEUDEN MITTAUS GASEK OY:LLE	22
5.1 Anturin valinta	23
5.2 Testaus	27
6 POHDINTA	31
LÄHTEET	33
LIITTEET	34

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

CHP	Yhdistetty lämmön ja sähkön tuotanto (Combined heat and power generation)
VTT	Teknologian tutkimuskeskus VTT

1 JOHDANTO

Tämä työ on Kemi- Tornion ammattikorkeakoululle tehtävä opinnäytetyö, joka suoritetaan projektina Gasek Oy:lle. Työn tarkoituksena oli kartoittaa hakkeen jatkuvatoimiseen mittaamiseen soveltuvia ratkaisuja ja niiden soveltuvuus Gasek Oy:n tarpeisiin. Potentiaalisen laitteen löytyessä myös suunnitellaan ja toteutetaan anturin testaus Gasek Oy:n laboratoriossa. Tavoitteena oli selvittää, onko Gasek Oy:n tarpeisiin soveltuvia anturiratkaisuja saatavilla. Mikäli sopiva anturiratkaisu löytyisi ja se testissä osoittautuisi toimivaksi, tavoitteena olisi saada reaaliaikainen tieto kaasuttimelle menevän hakkeen kosteudesta. Gasek Oy:n kaasutusratkaisussa puun biomassasta erotetaan kaasuuntuvia ainesosia korkeassa lämpötilassa hapen määrää rajoittaen. Vähähappisella palamisella ja kaasutuksella saatu puukaasu puhdistetaan noesta, hiilestä sekä muista hiukkasista, minkä jälkeen kaasu voidaan käyttää muun muassa polttomoottorissa.

Tälle opinnäytetyölle oli työelämälähtöinen tarve saada tieto kaasuttimeen menevän hakkeen kosteudesta. Hakkeen kosteus vaikuttaa merkittävästi hakkeen kaasutukseen Gasek Oy:n voimaloissa. Tietoa hakkeen kosteudesta voidaan hyödyntää seuraamalla, miten prosessi reagoi erilaisiin hakkeen kosteuksiin ja kosteuden perusteella voidaan mahdollisesti säätää prosessia toimimaan hakkeen kosteuden mukaan. Opinnäytetyön tuloksena oli tieto kosteuden mittaamiseen soveltuvista menetelmistä ja laboratoriossa testattu anturi, joka voidaan asentaa prosessiin, mikäli ratkaisu todetaan toimivaksi. Opinnäytetyö oli itsenäinen projekti, eikä se ollut sidonnainen mihinkään toiseen projektiin. Tämän vuoksi opinnäytetyön aikataulu ei vaikuttanut toimeksiantajan muuhun toimintaan.

Opinnäytetyön teoreettinen osa rakentui kapasitiivisesta menetelmästä, infrapunamenetelmästä sekä mikroaalto-, röntgen- ja gammasäteilyyn perustuvista jatkuvatoimisista kosteudenmittausmenetelmistä. Teoreettinen osa rajautui edellä mainittuihin menetelmiin, sillä ne soveltuvat jatkuvatoimiseen kosteudenmittaamiseen ja niistä on jo olemassa kaupallisia ratkaisuja.

Ongelmat hakkeen kosteuden mittauksessa ovat hakkeen vaihteleva raekoko, jää, ympäristön lämpötila ja hakkeen pintakosteus. Hakeruuvit ja hakesiilot, joista hakkeen kosteus mitataan, ovat yleensä ulkoilmassa. Tästä johtuen anturin tulee toimia myös pakkasella, eikä mittaustulos saa heikentyä merkittävästi. Anturin ja lähettimen tulee olla liitettävissä logiikkaan, joten tieto kosteudesta tulisi kulkea virta/jänniteviestinä tai kenttäväylää pitkin. Anturin mittausalueen tulee olla riittävä mittaamaan hakkeen kosteutta. Kaasuttimeen menevän hakkeen kosteuden tulisi olla alle 35 prosenttia ja CHP- voimalassa alle 25 prosenttia. Anturin valintaan vaikuttaa soveltuvuus Gasek Oy:n tarkoituksiin, kustannukset, mittaustarkkuus, käyttölämpötila, mittaustietojen ulostulo sekä toimitusaika. Keskityimme Euroopan alueella toimiviin laitetoimittajiin, koska kauempaa tilatuissa laitteissa toimitusajat tulisivat todennäköisesti olemaan pidempiä.

2 GASEK OY

Gasek Oy on vuonna 2008 perustettu energiateknologiayritys, joka kehittää ja valmistaa puun kaasuttamiseen perustuvia CHP- ja lämmöntuotantovoimalaitoksia. Kotimaan markkinoiden lisäksi Gasek Oy toimii myös Euroopan alueella. Gasek Oy:n teknologian ytimessä on GASEK kaasutusmenetelmä, joka tuottaa kaasua sekapuuhakkeesta. Puun kaasutukseen perinteisesti liittyvät ongelmat on ratkaistu ja tuloksena on päästötön ja ympäristöystävällinen energiaa tuottava voimalaitosratkaisu, joka tarjoaa mahdollisuuden itsenäiseen lämmön ja sähkön tuotantoon. (Gasek Oy:n www-sivut 2012, hakupäivä 21.1.2013).

2.1 Historia

Nykyään tuotteistettuja ratkaisuja tarjoavan tehtaan juuret ovat pienessä konepajassa Pohjois-Pohjanmaalla. Gasek Oy:n puunkaasutusteknologia on muodostunut nykyiselleen pitkäaikaisen tutkimus- ja kehitystyön tuloksena. Pohjan nykyiselle tekniikalle on luonut Eero Kangasojan työ haastavan teknologian ongelmien ratkomisessa. (Gasek Oy:n www-sivut 2012, hakupäivä 21.1.2013).

Eero Kangasoja rakensi ensimmäisen itse innovoidun myötävirtakaasuttimensa 2000-luvun taitteessa tuottaakseen sähköä ja lämpöä verstaaseensa. Seuraavan version puukaasuttimesta Kangasoja rakensi aiemmin saatujen kokemusten pohjalta autokäyttöön. Puukaasukäyttöinen auto osoittautui erinomaiseksi testiympäristöksi, koska polttoaineen teho oli välittömästi havaittavissa. Seuraava tuotekehitysversio oli kontin sisälle rakennettu yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotantovoimala (CHP), jonka kaasutinrakenteessa hyödynnettiin auton käyttökokemuksia. Sen sähköteho oli 20 kW ja lämpöteho 60 kW. Ensimmäinen versio GASEK CHP- konttivoimalasta esiteltiin Jyväskylän puu- ja bioenergiamesseilla 6.-8.9.2007. (Gasek Oy:n www-sivut 2012, hakupäivä 21.1.2013).

Kaupallinen toiminta aloitettiin virallisesti, kun Gasek Oy yritys perustettiin vuonna 2008. Vuonna 2010 sijoitusyhtiö VNT Management investoi yritykseen, mikä loi edellytykset sarjatuotantoisten voimalaitos- ja komponenttiratkaisujen valmistamiselle

sekä laajamittaisemmille tuotekehityspanostuksille. Teknologian suunnittelu ja kehitys eri kokoluokkiin jatkuu edelleen investoinnin seurauksena. (Gasek Oy:n www-sivut 2012, hakupäivä 21.1.2013).

2.2 Gasek Oy:n tuotteet

GASEK CHP- voimala on yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotantolaitos, joka sopii muun muassa pk- sektorin yritystoimintaan ja haja-asutusalueiden energiantuotantoon. Voimaloita voidaan käyttää esimerkiksi maatilojen, kasvihuoneiden sekä sahojen sähkön ja lämmön tuotantoon. GASEK CHP- voimalaitoksessa polttoaineena käytetty sekapuuhake kaasutetaan voimalan kaasuttimessa, jossa korkea palamislämpötila ja hallittu kaasutusprosessi estää haitallisten sivutuotteiden synnyn sekä takaa pitkän käyttöiän. Ulkopuoliset päästöt ovat myös minimaaliset ja lähes hiukkasvapaat. (Gasek Oy:n www-sivut 2012, hakupäivä 21.1.2013).

Puun kaasutus perustuu pyrolyysiprosessiin, jossa puun biomassasta erottuu kaasuuntuvia ainesosia korkeassa lämpötilassa ja hapen määrää rajoittaen. Vähähappisella palamisella ja kaasutuksella saatu puukaasu puhdistetaan noesta, hiilestä sekä muista hiukkasista. Puhdistettu kaasu on käytettävissä esimerkiksi polttomoottorissa. GASEK CHP- voimalaitos on rakennettu helposti siirrettävään merikonttiin. Voimala tarvitsee lämpö ja sähköliitännät sekä vesiverkkoyhteydet toimiakseen. (Gasek Oy:n www-sivut 2012, hakupäivä 21.1.2013).

Taulukko 1. GASEK CHP- voimaloiden tekniset tiedot (Gasek Oy:n www-sivut 2012, hakupäivä 21.1.2013).

Toimintaperiaate	Hakkeesta tehty puukaasu poltetaan moottorissa sähkön tuottamiseksi
Polttoaine	Ilmakuiva sekapuuhake
Automaatio	Ohjelmoitava logiikka ohjaa kaasutusprosessia ja voimalan toimintaa
Voimalakontin mitat (mm)	3000 x 6000 x 3300
Paino (kontti + laitteisto)	16 000 kg
Käyttöaste tuotantokauden aikana	90 %
Tyypillinen käyttöaika vuodessa	> 5500 h
Voimalan sijoittaminen	Asennetaan betonilaatalle tai muulle routimattomalle alustalle, mielellään vähintään 10 metrin päähän muista rakennuksista
Etäkäyttö	Optiona
Väri	RR21 vaaleanharmaa
Takuu	1 vuosi
Tarvittavat liitännät	Sähköliittymä Lämpökanava Vesijohtoliitäntä Laajakaistakaista etäkäyttöä varten (optio) Hakkeen syöttöruuvi
Hakesiilo	Tilavuus alkaen 15 m ³ . Siiloratkaisuja 150 m ³ asti. Ulkomitat tilavuuden mukaan.
	GASEK CHP 150
Kaasutin	GASEK GASIFIER 150
Sähköteho max.	35 kW
Lämpöteho max.	100 kW
Moottori	esim. Sisu AGCO 84 GSI, 8.4 l
Generaattori	esim. 49 LSA 43,2 M45 90 KVA / 72 kW

GASEK HEAT ja GASEK STEAM ovat puukaasulla öljyn korvaavia lämpöä ja höyryä tuottavia laitoksia. Tuotteessa käytetään tulitorvi-tuliputkikattilaa, johon on asennettu kaasupoltin. Kattilassa poltetaan GASEK- kaasuttimen tuottamaa puhdasta puukaasua. Jotta puun energia saadaan hyödynnettyä mahdollisimman tehokkaasti, kaasu siirretään ja poltetaan kuumana. Kokonaistoimituksen lisäksi ratkaisu on saatavilla retrofit-toimituksena, jossa puupoltin asennetaan olemassa olevaan kattilaan. Gasek Oy:n ja CCM Power Oy:n yhdistymisen myötä tuotteena on myös kondensoiva

vastavirtakuivausmenetelmä CCM DRYER 450. (Gasek Oy:n [www-sivut](http://www.gasek.fi) 2012, hakupäivä 21.1.2013).

3 HAKKEEN KOSTEUS

Hakkeen tärkein laatuominaisuus on kosteus. Kosteuden haihduttaminen puusta kuluttaa energiaa, jolloin tuottavuus etenkin energiantuotannossa heikkenee. Lämpöarvolla tarkoitetaan täydellisessä palamisessa vapautuvaa lämpömäärää massayksikköä kohti. Kiinteiden ja nestemäisten polttoaineiden kohdalla yksikkönä käytetään yleensä megajoulea polttoainekiloa kohti. Tehollinen lämpömäärä kertoo massayksikköä kohti vapautuvan lämpömäärän, kun polttoainetta poltetaan ja polttoaineen sisältämästä vedystä muodostuva vesi ja polttoaineen sisältämä vesi höyrystyvät. Tehollisen lämpöarvon ja kosteuden välillä on suoraviivainen riippuvuus, joten kosteuden kasvaessa lämpöarvo laskee. (Alakangas, Alanen, Airaksinen, Puhakka, Soini, Siponen & Kainulainen 2001, 5 – 6).

Hakkeen kosteuspitoisuus lasketaan kaavalla 1. Tulos on massaprosentteina tuoreen näytteen painosta. (Opetushallitus. Hakupäivä 4.4.2013)

$$w = \frac{m_{\text{vesi}} - m_{\text{kuiva}}}{m_{\text{vesi}}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

missä

w on kosteuspitoisuus [%]

m_{vesi} on märkäpaino [kg]

m_{kuiva} on kuivapaino [kg]

4 HAKKEEN KOSTEUDEN MITTAUKSEEN SOVELTUVIA MITTAUSMENETELMIÄ

4.1 Kapasitiivinen kosteuden mittaus

Puun dielektriset ominaisuudet ovat vahvasti riippuvaisia puun kosteudesta, sillä kuivan puun dielektrisyysvakio 20 °C lämpötilassa on 5 ja vastaavasti vapaalla vedellä noin 80. Kosteuden mittaus perustuu tyypillisesti joko dielektrisyysvakion tai tehohäviön mittaukseen. Aineen dielektrisyden mittaukseen perustuva kosteusmittaus on täysin ainetta rikkomaton ja se voidaan suorittaa joko pintakontaktista tai myös ohuen ilmakerroksen läpi. Mittauksessa puu on elektrodien muodostaman kondensaattorin dielektrinen väliaine. Kapasitiivisten mittausten mittaalue on noin 8-150 prosenttia puun kosteudesta, mutta kosteuden ylittäessä puunsyiden kylläisyyspisteen kapasitiivisen mittauksen tarkkuus heikkenee huomattavasti. Dielektrisyteen perustuvilla menetelmillä voidaan kuitenkin mitata kosteutta puun syiden kylläisyyspisteen yläpuoleltakin.(Järvinen, Malinen, Teppola & Tiitta 2007, 48).

Puun dielektrisiin ominaisuuksiin vaikuttaa kosteuden lisäksi tiheys, lämpötila, syysuunta ja mittauksessa käytettävä taajuus. Jäätynen puun kosteutta ei voida mitata kapasitiivisellä menetelmällä, koska jään dielektrisyysvakio on lähes sama kuin kuivalla puulla ja lisäksi se vaihtelee lämpötilan mukaan. Alhaisilla taajuuksilla puun ionipolarisaation vaikutus on huomattava, mutta se alenee mittaustaajuuden kasvaessa. Kapasitiivisten pintamittareiden tarkkuutta heikentää se, että ne ovat erittäin herkkiä mitattavan kohteen pintakosteudelle. Puun dielektrisyysvakio ja häviötekijä ovat syysuuntaan mitattuina 20 – 50 prosenttia suurempia kuin kohtisuoraan syysuuntaan mitattuina. Koska puun tiheyden kasvaessa dielektrisyysvakio ja häviötekijät kasvavat, sähköiset mittarit on yleensä kompensoitu kunkin puulajin keskimääräisen tiheyden mukaan. Mikäli tarkkaa tiheyskompensaatiota ei ole tehty, puulajin sisäiset tiheyden vaihtelut aiheuttavat merkittävää virhettä kosteusmittaukseen. (Järvinen ym. 2007, 48).

4.2 Infrapunamenetelmään perustuva kosteusmittaus

Infrapunakosteusmittarin toimintaperiaate perustuu mittapäässä olevan lampun säteilemään valoon, joka johdetaan pyörivän suodinkiekon ja peilin kautta mittaushohteelle. Pyörivässä suodinkiekossa on suotimet mittausaallonpituutta ja referenssiaallonpituutta varten. Osa valosta heijastuu mitattavasta hohteesta mittapään optiikan kautta takaisin ilmaisuelementille, joka voi olla esimerkiksi lyijysulfidivastus. Vastuksessa valoenergia muutetaan sähkösignaaliksi. Mittausaallonpituudella ja referenssiaallonpituudella saatuja lukemia verrataan toisiinsa muuntimen elektronikassa ja niistä muodostetaan lopullinen kosteussignaali. Infrapunamenetelmään perustuva MoistTech IR-3000 anturi on esitetty kuviossa 1. (Räsänen 1994, 117).



Kuvio 1. MoistTech IR-3000 (MoistTech 2013. Hakupäivä 2.2.2013)

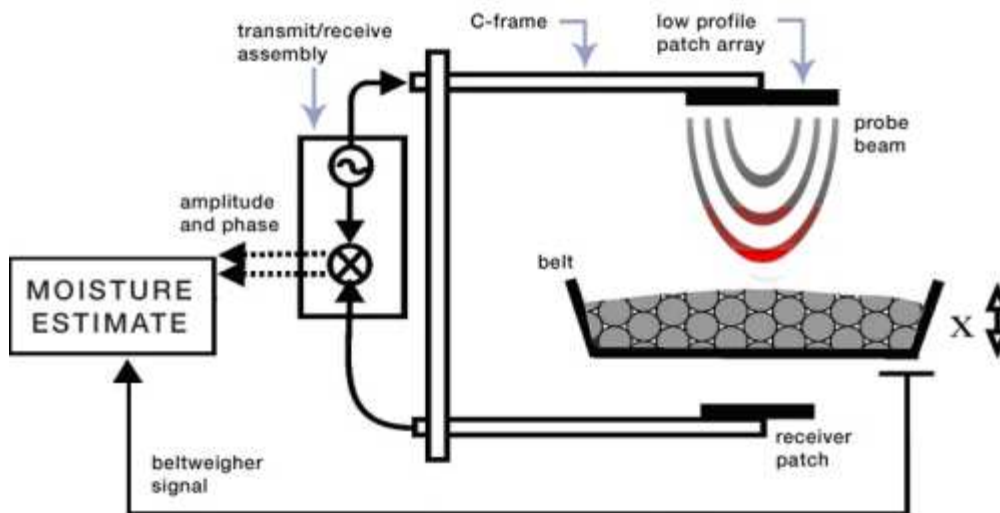
Infrapunaa taajuusalue näkyy kuviossa 3. Infrapunasäteilyn absorptiota on käytetty kosteuden mittaamiseen erilaisista materiaaleista jo pitkään. Infrapunaspektroskopia on monipuolinen materiaalien kvalitatiivinen ja kvantitatiivinen analysointimenetelmä, jonka yleisimpiä käytännön sovelluksia on kosteudenmittaus. Infrapunamenetelmät jaetaan hyödynnetyn aallonpituusalueensa mukaan yleensä lähi-infrapuna- (NIR, Near Infrared), keski-infrapuna- (MIR, Mid Infrared), ja kaukoinfrapuna- (FIR, Far Infrared) alueen menetelmiin. (Järvinen & Malinen & Teppola & Tiitta 2007, 14). NIR- alueen absorptioaallonpituudet ovat alueella 0.78 – 2.5 μm , MIR- alueen puolestaan alueella 2.5 – 50 μm ja FIR alueella 50 – 1000 μm (Aumala 1996, 275). Nestemäisen veden voimakkaimmat absorptioaistat löytyvät IR- aallonpitoisuuksilta 6.1 ja 2.95 μm , mutta

suuri absorptiokerroin ja saturoituminen kosteuden lisääntyessä rajoittavat niiden käyttöä kosteusmittauksissa. Kaupallisissa mittalaitteissa käytetyt absorptioaallonpituudet sijoittuvat yleisesti NIR- alueella sijaitseville absorptiomaksimeille (1.93, 1.44, 1.19 ja 0.97 μm). 1.93 μm absorptiokaistaa käytetään suurimman herkkyyden vuoksi usein heijastusmittauksissa ja 0.97 μm aallonpituusalueella käytetään sen sijaan läpäisygeometriassa, koska sen alhaisempi absorptio mahdollistaa suuremman tunkeutumissyvyyden ja näytepaksuuden. (Järvinen ym. 2007, 15).

Kiinteän aineen ja optisen säteilyn välillä tapahtuu useita vuorovaikutuksia. Osa sähkömagneettisesta säteilystä muuttuu absorptiossa toiseen muotoon, kuten molekyylien pyörimis- tai värähtelyenergiaksi. Sironta, joka aiheutuu kappaleen ja väliaineen rajapinnoilla tapahtuvista heijastuksista, taittumista ja taipumisista, aiheuttaa säteilyn etenemissuunnan muuttumisen, mutta kokonaissäteilyenergia säilyy. Sironta häiritsee absorptiomittausta ja sen merkitys kasvaa lyhemmille aallonpituuksille mentäessä. Siksi esimerkiksi NIR- spektroskopiassa on kehitetty spektrin esikäsittelytapoja pienentämään sironnan vaikutusta. Luonnon materiaalien kuten hake fyysikaalinen rakenne vaikuttaa siten sironnan kautta mitattavaan informaatioon. (Järvinen ym. 2007, 15).

4.3 Mikroaaltoihin perustuva mittaus

Mikroaaltoihin perustuvilla mittauksilla käytetään hyödyksi kahta ominaisuutta; vaimenemaa tai mikroaaltojen nopeutta. Mikroaaltojen nopeuteen perustuvassa menetelmässä tunkeutumisnopeus riippuu puun suhteellisesta permittiivisyydestä eli dielektrisestä vakiosta. Puun permittiivisyys on noin 2.5 – 6.8 ja vapaan veden permittiivisyys on noin 80 (+20 °C). Permittiivisyyden ero puun ja veden välillä on noin 30-kertainen. Tätä eroavaisuutta voidaan käyttää hyväksi kosteuden mittauksessa, sillä korkeampi vesipitoisuus aiheuttaa suuremman mikroaaltojen nopeuden. Esimerkki mikroaaltoihin perustuvasta mittauksesta on kuviossa 2. (Järvinen ym. 2007, 21).



Kuvio 2. Tyypillinen mikroaaltoihin perustuva mittaus. (McGown 2009. Hakupäivä 15.2.2013)

Mikroaaltojen taajuusalueet näkyvät kuviosta 3. Kosteuden mittaamiseen mikroaalloilla käytetään yleensä 22,2 GHz taajuutta, joka vastaa vesimolekyylin resonanssiabsorption taajuuskaistaa. Osa mikroaaltoantureista toimii absorptioalueen alkupäässä 0,5 – 10 GHz alueella. Näiden mittareiden toiminta perustuu K-kaistalla tapahtuvan energian resonanssiabsorption sijaan pääasiassa dielektrisiin ominaisuuksiin. (Järvinen ym. 2007, 21).

Mikroaaltotekniikan etuna IR- tekniikkaan verrattuna on huomattavasti pienempi absorptiviteetti, jolloin mikroaaltotekniikalla voidaan mitata huomattavasti korkeampia vesipitoisuuksia, kuin IR- tekniikoilla. Tunkeuma mikroaalloilla on myös oleellisesti parempi kuin IR- tekniikoilla. Mikroaaltotekniikalla veden mittaus onnistuu usein hyvin laajalla mittausalueella, joka voi olla 25 – 100 prosenttia. IR- aluetta pienempi absorptiviteetti ei yleensä mahdollista hyvin kuivien näytteiden mittausta. (Järvinen ym. 2007, 21).

Mikroaaltotekniikan hyötyjä on hyvä tunkeuma näytteeseen, laaja mittausalue ja soveltuvuus hyvin kosteille näytteille, puulajiriippumattomuus, verraten helppo kalibrointi ja liikkuvien osien puuttuminen. Mikroaaltotekniikan ongelmat puolestaan johtuvat yleensä tiheyden muutoksista, johtokyvyn muutoksista, ilmakuplista, huokoisesta materiaalista, alhaisesta lämpötilasta tai antennien päällystämisestä. IR-tekniikkaan verrattavaa referenssisignaalia ei myöskään pysty toteuttamaan mikroaaltotekniikalla. Tiheysmuutokset ja huokoisuus pyritään yleisesti

kompensoimaan esimerkiksi ultraäänimittauksen ja materiaalivirran mittaustiedoilla, kuten liukuhinnan nopeudella. Mittaukseen vaikuttavia tekijöitä ovat myös materiaalien permittiivisyys ja lämpötila. Lämpötilalla on vaikutusta veden ominaisuuksiin. Voimakkaimmin veden puuhun sitoutumisen muutos näkyy veden ollessa jäässä, sillä jään ja puun permittiivisyydet ovat hyvin lähellä toisiaan. Tämä on otettava huomioon esimerkiksi talviaikaan. (Järvinen ym. 2007, 21–22).

4.4 Röntgen ja gammasäteilyyn perustuva mittaus

Läpäisevään ionisoivaan säteilyyn perustuvia menetelmiä käytetään laajalti erilaisten aineominaisuuksien mittaamiseen. Röntgen- ja gammasäteilyä sekä neutroniabsorptiota on sovellettu myös erilaisten materiaalien kosteusmittaukseen. Röntgen- ja gammasäteilyn taajuusalueet näkyvät kuviossa 3. Radiometriset menetelmät perustuvat säteilyn ja mitattavan aineen välisiin vuorovaikutuksiin, joita ovat absorptio, sironta, väliaineen atomien virittyminen, ydinreaktiot ja sekundäärinen säteilyn syntyminen. Mittaus voi perustua yhteen säteilyn ja mitattavan aineen väliseen vuorovaikutukseen tai niiden yhdistelmiin. Radiometristen menetelmien etuna on, ettei mekaanista kosketusta mittalaitteen ja mitattavan polttoaineen välillä tarvita, eikä menetelmä muuta mitattavan aineen rakennetta tai ominaisuuksia. (Järvinen ym. 2007, 23).

Vuorovaikutuksia on neljää tyyppiä, jotka ovat vuorovaikutus elektronien kanssa, vuorovaikutus nukleonien kanssa, vuorovaikutus ydintä tai elektroneja ympäröivän sähkömagneettisen kentän kanssa sekä vuorovaikutus ydinvoimakentän kanssa. Vuorovaikutukset voivat johtaa kolmeen erilaiseen tulokseen, joita puolestaan ovat täydellinen absorptio, kimmoinen sironta sekä kimmoton sironta. Vuorovaikutusmuotoja on kaiken kaikkiaan yhteensä kaksitoista ja niistä merkittävimmät ovat yleensä vain valosähköilmiö, Comptonin sironta ja parinmuodostus. Kulloinkin todennäköisin vuorovaikutuksen muoto riippuu fotonin energiasta ja väliaineen järjestysluvusta. Valosähköilmiö on todennäköisin vuorovaikutusmuoto pienillä energioilla (alle 0,1 MeV) kaikissa muissa paitsi pienen järjestysluvun omaamissa väliaineissa. Fotonien kasvaessa suuremmiksi kuin tiukimmin sidottujen elektronien sidosenergia, alkaa Comptonin ilmiö tulla merkittävämmäksi vuorovaikutukseksi. Parinmuodostus nousee Compton-sironnan rinnalle todennäköiseksi vuorovaikutukseksi suurilla fotonien energioilla ($> 1,022$ MeV). Vasta

raskailla alkuaineilla ja yli 4 MeV:n energioilla parinmuodostus muuttuu vallitsevaksi muodoksi. (Järvinen ym. 2007, 23–25).

Vuorovaikutusprosessit ovat toisistaan riippumattomia ja niiden yhdessä aiheuttama kokonaisvaimennus μ on kaavan 4 mukaan vuorovaikutusten vaimennuskertoimien summa.

$$\mu = \tau + \sigma + \kappa, \quad (4)$$

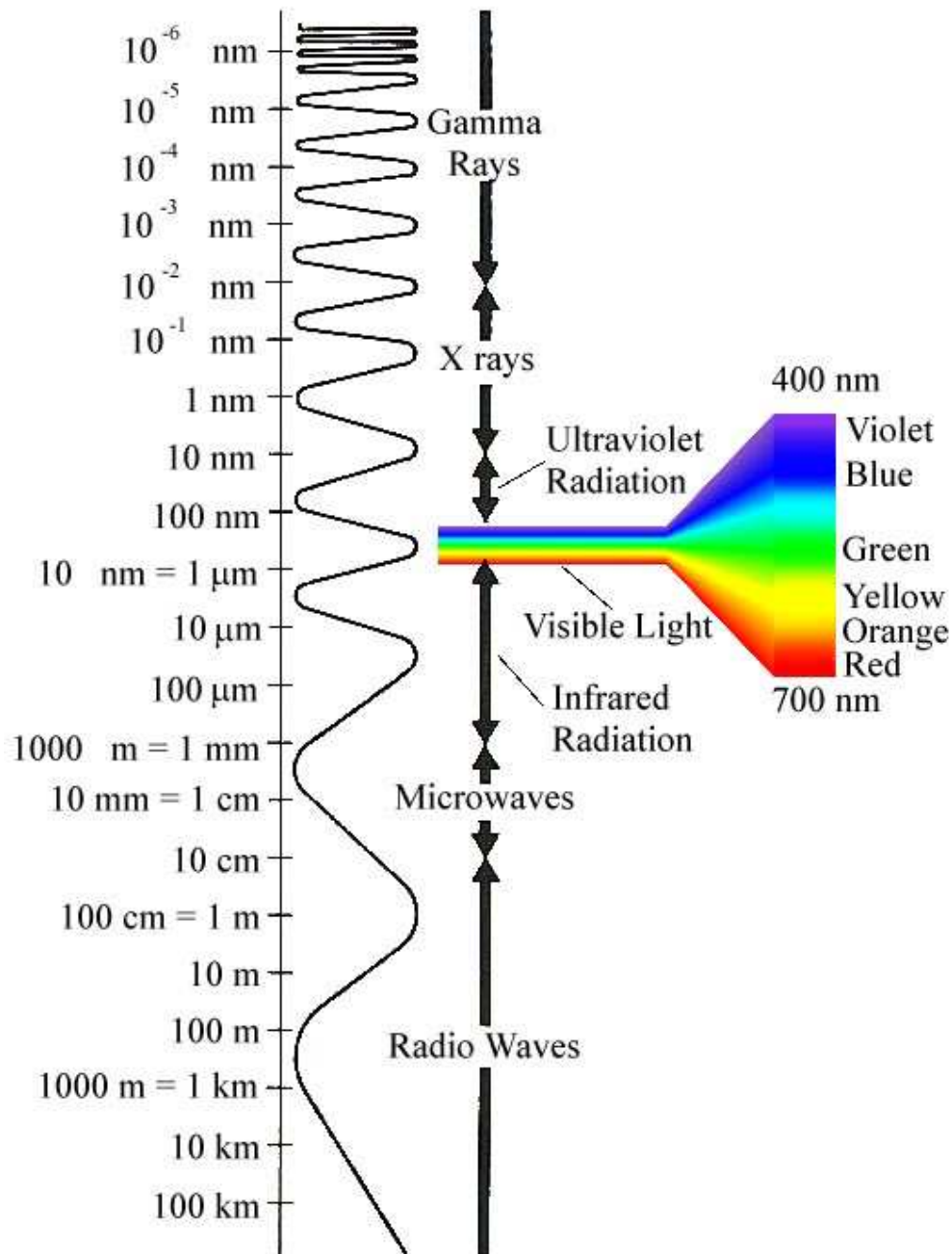
missä

τ on valosähköilmiön vaimennuskerroin

σ on Comptonin sironnan vaimennuskerroin

κ parinmuodostuksesta aiheutuva vaimennustermi.

Vaimennuskerroin sisältää sekä vaimennuksesta että sironnasta aiheutuneet vaimennukset. Aineen järjestysluku sekä fotonien energia vaikuttavat massavaimennuskertoimeen. Tällä on suuri merkitys määrityksissä käytettävään vuorovaikutukseen. Käytännön esimerkkinä gammasäteilyllä on se, että yleensä se rajaa ratkaisun vain lineaarisen vaimennuksen hyväksikäyttöön puun kosteuden mittauksessa. Esimerkiksi hiilen tuhkapitoisuuden määrityksessä voidaan puolestaan hyödyntää myös massavaimennuskertoimen eroja käyttämällä eri energiatasolla olevia gammalähteitä. (Järvinen ym. 2007, 25).



Kuvio 3. Elektromagneettinen spektri (University Of Texas Libraries. Hakupäivä 15.2.2013)

4.5 Punnitus-kuivausmenetelmä

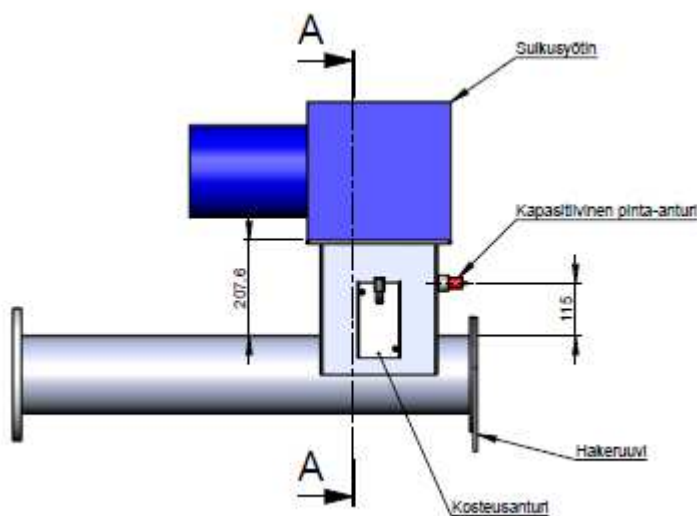
Punnitus-kuivausmenetelmässä polttoaineena käytettävästä hakkeesta otettu näyte punnitaan ja ensimmäisen punnituksen jälkeen hake kuivataan. Uunikuivauksessa uunin lämpötila on tyypillisesti noin 105 °C ja kuivausaika on 16-24 tuntia. Uunin lämpötila ei saa olla liian kuuma, jottei muut aineet haihdu ja vaikuta tulokseen. Uunikuivauksen jälkeen hake punnitaan uudelleen ja mitattujen painojen perusteella voidaan kaavan 1 perusteella laskea hakkeen vesipitoisuus. Punnitus-kuivausmenetelmä on aikaa vievä

laboratoriomenetelmä ja muut haihtuvat aineet sekä käsityön määrä voivat aiheuttaa virhettä mittaukseen. Menetelmä on kuitenkin yksinkertainen tapa saada tieto hakkeen kosteudesta. (Heinonen 2006, 13.)

5 HAKKEEN KOSTEUDEN MITTAUS GASEK OY:LLE

Kosteuden mittausmenetelmiä tutkittaessa huomattiin, että kosteuden mittaaminen on toteutettavissa monella menetelmällä, mutta käytännön sovelluksia on tarjolla vain muutamia. Puun kosteuden mittaamiseen soveltuvia menetelmiä ovat muun muassa infrapunakosteusmittaus, mikroaaltoihin perustuva kosteusmittaus, röntgen- ja gammasäteilyyn perustuva mittaus, neutronimenetelmä, vastus/johtokykymittaus, induktiivinen mittaus, kapasitiivinen mittaus sekä ydinmagneettiseen resonanssiin perustuva mittaus. Tässä projektissa tarkoituksena oli kuitenkin löytää markkinoilla olevia jatkuvatoimiseen kosteusmittaukseen soveltuvat menetelmät, joita edellä mainituista ovat ainakin infrapunakosteusmittaus, mikroaaltoihin perustuva kosteusmittaus, gammasäteilyyn perustuva mittaus sekä kapasitiivinen mittaus.

Hakkeen kosteus tulee mitata mahdollisimman läheltä kaasutinta, jottei hakkeen ominaisuudet ehdi muuttua mittauksen ja kaasuttimen välillä. Kaasuttimen kuumuus tulee myös ottaa huomioon, koska anturin käyttölämpötila on $-30 - +50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Yksi anturin mahdollinen sijoituspaikka on Kuvion 4 mukaisesti sulkusyöttimen sekä ruuvikuljettimen välissä olevassa tilassa. Jotta anturin mittauspintaa vasten olisi koko ajan haketta, tulee sulkusyöttimen ja ruuvikuljettimen väliin asentaa kapasitiivinen anturi mittaamaan hakepintaa. Kapasitiivisen anturin digitaalinen viesti ohjaa ruuvikuljetinta niin, että ruuvi pyörii vasta, kun hakepinta on tarpeeksi korkea.



Kuvio 4. Anturin mahdollinen sijoituspaikka EM500 voimalassa

5.1 Anturin valinta

Sopivia antureita ja menetelmiä etsittiin internetistä eri laitevalmistajien ja laitetoimittajien sivuilta. Hakuprosessin aikana karsittiin antureita, jotka eivät soveltuneet Gasek Oy:n tarkoitukseen. Varteenotettavimpien tuotteiden valmistajiin tai myyjiin oltiin yhteydessä ja selvitettiin tarkempia tietoja, kuten kustannukset, toimitusaika, käyttölämpötila ja tarkkuus. Varteenotettavia vaihtoehtoja löytyi yhteensä kuusi kappaletta.

RDS CMM 100 oli yksi mittalaite vaihtoehdoista. Laitetoimittajalta saatujen tietojen ja internetsivujen mukaan laite on jatkuvatoiminen kosteusmittari, jota käytetään lähinnä viljankäsittelyyn. Laitteen toiminta perustuu kapasitiiviseen menetelmään. Hakkeen mittaus ei ole nykyisellään tuettu, mutta maahantuojan mukaan se periaatteessa toimii ja se pitäisi olla kalibroitavissa hakkeelle. Laite on käytössä viljan ja sahanpurun kosteuden mittauksessa, mutta tietoa siitä käytetäänkö laitetta hakkeen kosteuden mittauksessa ei löytynyt. Tämän laitteen ongelmana on saada hakkeelle hyvä kosketus anturiin. Anturi voidaan asentaa ruuviin tai siiloon, jossa sille ohjataan riittävä hakevirtaus. Laitteen käyttölämpötila on -30 – 50 °C, joten se kestää kylmissä olosuhteissa, mutta mittaustarkkuus voi heikentyä. *RDS CMM 100* näyttää myös tuotteen lämpötilan. Tiedot lämpötilasta ja kosteudesta kulkevat virtaviesteinä. Paketti sisältää näytön, kosteusanturin ja tarvittavat johdotukset. Toimitusaika tuotteelle oli yhdestä kahteen viikkoa ja tämä laite oli tuotteista edullisin. Tuotetta ei ollut mahdollista saada testattavaksi ennen hankintaa. Kuviossa 5 on esitetty laitteen ohjainyksikkö.

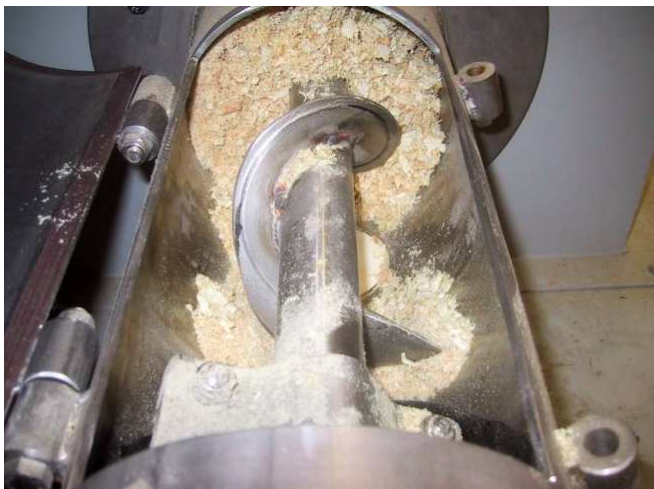


Kuvio 5. RDS CMM 100 Ohjausyksikkö (TAK-sai 2013.)

ACO DMMS anturi toimii kapasitiivisella HFC (High Frequency capacitance) -periaatteella. Anturin lähtöviesti (kosteus) voidaan liittää suoraan logiikka- ja ohjausjärjestelmiin. Laitteella voi mitata useimpien kiintoaineiden kosteutta, kun aineen raekoko on alle 12 mm. Kovan pakkasen ei pitäisi rikkoa laitetta, mutta mittaustulos ei ole oikea, jos hakkeen lämpötila on alle 0 °C. Anturille on saatavana optiona lämpöelementti, jota suositellaan, kun asennus tulee ulkoilmaan. Toimitusaika tuotteelle on kahdesta kolmeen viikkoa. Laitetta voidaan vuokrata testikäyttöön, jolloin testausaika on yksi kuukausi. Esimerkkikuva anturin asennuksesta siirtoruuviin on esitetty kuviossa 6. Anturin tekniset tiedot on ilmoitettu taulukossa 2. (Hantor-Mittaus Oy 2011)

Taulukko 2. ACO DMMS tekniset tiedot. (Hantor-Mittaus Oy 2011)

Käyttöjännite:	24 V DC
Ulostuloviesti:	Profibus DP
	RS 232 sisältää kaapelin
Mittausalue:	0 - 100%
Mittaussyvyys:	noin 100 mm
Ympäristön lämpötila:	0...80 °C
Materiaalin lämpötila:	Ei vaikutusta mittaukseen
Tarkkuus/toistuvuus:	0,1 – 0,5 % mittausalueesta
Liitäntäkaapeli:	6 m
Lämpötilan kompensointi	Elektroninen



Kuvio 6. ACO DMMS anturi ruuvikuljettimessa (Hantor-Mittaus Oy 2011.)

MoistureScan laite hyödyntää mikroaaltoihin perustuvaa tarkkaa ja nopeaa 2PMR mittaustekniikkaa. Jotta mittaustulos näyttäisi oikein, ympäristön lämpötilan tulee olla 0 – 40 °C. *MoistureScan* soveltuu hakkeen kosteuden mittaamiseen ja on käytössä laajalti. Toimitusaika EU alueella on korkeintaan kuusi viikkoa. Anturi on laitevalmistajan mukaan laajalti käytössä hakkeen kosteuden jatkuvatoimisessa mittauksessa. Kuviossa 7 on esitetty *MoistureScan* anturi ja lähetin. Taulukossa 3 on laitteen tekniset tiedot. (Döscher&Döscher 2013)

Taulukko 3. *MoistureScan* tekniset tiedot (Döscher&Döscher 2013)

Analoginen	2 x input: 4 – 20 mA / 0 – 10 V 2 x output: 4 – 20 mA / 0 – 10 V lämmölle ja kosteudelle
Digitaalinen	2 x input ja output
Mitat	225 mm x 225 mm x 190 mm
Paino	7,2 kg



Kuvio 7. *MoistureScan* anturi ja lähetin (Döscher&Döscher 2013)

Humimeter BLO Online measuring system on hakkeen kosteuden on-line mittaamiseen soveltuva anturi ja mittauslaite. Laitteessa on automaattinen lämpötilan kompensointi, joka parantaa mittaustulosta. Lisäksi siinä on ulostulot sekä lämpötilalle että kosteudelle (4 - 20 mA). Mittausalue on 10 – 50 prosenttia, joka on riittävä Gasek Oy:n tarkoitukseen. Ongelmana ovat kuitenkin kylmät olosuhteet, sillä tällä laitteella lämpötilan mittaus onnistuu ainoastaan -10 - +70 °C lämpötilassa ja kosteuden mittaus 0

- +70 °C lämpötilassa. Kuviossa 8 on BLO Online measuring system anturi ja ohjausyksikkö. (Humimeter.com 2012; Checkline 2013)



Kuvio 8. BLO Online measuring system anturi ja ohjausyksikkö(Humimeter.com 2012.)

Yllä olevien vaihtoehtojen lisäksi löytyi infrapunamittaukseen perustuvat laitteet SMART II NIR System sekä IR 3000, joita myydään Yhdysvalloissa. Pitkien toimitusaikojen vuoksi päätimme kuitenkin keskittyä ainoastaan Euroopassa oleviin tuotteisiin, joten SMART II NIR System sekä IR 3000 jätettiin pois vaihtoehtoista.

Kapasitiivinen mittausmenetelmään perustuva RDS CMM 100 on edullisin löydetty menetelmä, joka sopisi hakkeen kosteuden mittaamiseen. Tämä anturi on myös ainut ratkaisu, jonka käyttölämpötila yltää -30 °C lämpötilaan. Gasek Oy:n edustajien välisessä sähköpostiviestiketjussa ilmeni, että myös VTT:n edustajan mielestä anturi toimisi hyvin hakkeen kosteuden mittaamisessa. Kustannuksien, toimitusaikojen ja soveltuvuuden perusteella sopivimpana vaihtoehtona testattavaksi näin RDS CMM 100 anturin ja ohjausyksikön. Päädyimme Heikki Nikolan kanssa tilaamaan tämän tuotteen testattavaksi. Testattavaksi olisimme voineet ottaa useampiakin antureita, mikäli niitä olisi saatu testikäyttöön ennen ostopäätöstä.

5.2 Testaus

RDS CMM 100 mittausjärjestelmä testattiin Gasek Oy:n laboratoriossa Reisjärvellä. Testausta varten tehtiin testaussuunnitelma sekä liitteenä oleva mittauspöytäkirja (Liite 1). Mittauspöytäkirjaan merkittiin punnitus-kuivausmenetelmällä saatu hakkeen kosteus sekä käytetty kanava. Lisäksi siihen merkittiin myös ohjainyksikön diagnostics valikosta luettavat tulojännitteet kosteus- ja lämpötilatiedoista, laskettu lämpötila, laskettu suhteellisen kosteuden arvo sekä lämpökompensoitu kosteuden arvo. Anturi

kytkettiin kenttäkotelossa sijaitsevaan ohjainyksikköön ja niihin kytkettiin 24 voltin käyttöjännite. Testauksessa käytettiin Laimet HP-28 hakettimella terällä 2/104 tehtyä kuivattua haketta sekä ulkosiilossa olevaa kosteampaa haketta, jota testattiin myös kasteltuna. Testauksessa käytettiin yhteensä neljää kosteudeltaan erilaista haketta.



Kuvio 9. RDS CMM 100 anturi siiloon asennettuna

Anturi asennettiin kuvioden 9 ja 10 mukaisesti ruuvin päällä olevaan siiloon, josta se mittasi ruuviin menevän hakkeen kosteuden. Testauksessa ruuvi siirsi haketta siilosta säkkiin, mikä aiheutti virtauksen anturin ohi. Testauksessa käytetyistä hakkeista otettiin näyte, joista punnitus-kuivausmenetelmällä saatiin tarkempi kuva hakkeen kosteudesta.

Testauksessa haketta siirrettiin 10 minuuttia, jonka aikana ohjainyksiköstä seurattiin mittaustulosta. Anturilla mitattuja ja punnitus-kuivausmenetelmällä saatujen tulosten mukaa anturi voidaan kalibroida näyttämään hakkeen kosteus.



Kuvio 10. Anturi asennettuna siiloon

Ensimmäisessä mittauksessa käytettiin kuivattua haketta. Anturin näyttämä kosteus sijoittui arvojen 11.0 prosenttia ja 11.5 prosenttia välille, mutta pysytteli enimmäkseen arvossa 11.3 prosenttia. Punnitus-kuivausmenetelmää varten otettiin 217 gramman näyte, jota kuivattiin uunissa. Kuivauksen jälkeen näytteen paino oli 206 grammaa. Kaavalla 1 saadaan jälleen näytteen kosteuspitoisuus. Mittauksissa käytetty puntari näytti tulokset yhden gramman tarkkuudella ja anturin ohjainyksikkö näytti hakkeen kosteuden yhden desimaalin tarkkuudella. Mittauksissa käytetty puntari kalibroitiin aina ennen uutta mittausta. Hakkeen kosteudeksi saatiin punnitus-kuivausmenetelmällä

$$w = \frac{m_{\text{vesi}} - m_{\text{kuiva}}}{m_{\text{vesi}}} \cdot 100\% = \frac{0.217\text{kg} - 0.206\text{kg}}{0.217\text{kg}} \cdot 100\% = 5.1\% .$$

Toisessa mittauksessa mitattiin ulkosiilossa olevan hakkeen kosteus. Anturin näyttämä kosteus hakkeelle vaihteli arvojen 11.9 prosenttia ja 12.7 prosenttia välillä, mutta

pysytteli suurimman osan testauksesta arvojen 12.1 prosenttia ja 12.3 prosenttia välillä. Punnitus-kuivausmenetelmää varten otettiin 298 gramman näyte, jota kuivattiin uunissa. Kuivauksen jälkeen näytteen paino oli 249 grammaa. Kaavalla 1 saadaan näytteen kosteuspitoisuus, joka on

$$w = \frac{m_{\text{vesi}} - m_{\text{kuiva}}}{m_{\text{vesi}}} \cdot 100\% = \frac{0.298\text{kg} - 0.249\text{kg}}{0.298\text{kg}} \cdot 100\% = 16.4\% .$$

Kolmannessa ja neljännessä mittauksessa käytettiin kasteltua haketta. Anturin näyttämät hakkeen kosteudelle olivat 13.4 prosenttia ja 17.4 prosenttia. Punnitus-kuivausmenetelmällä hakkeen kosteudeksi saatiin kaavalla 1. tulokset

$$w = \frac{m_{\text{vesi}} - m_{\text{kuiva}}}{m_{\text{vesi}}} \cdot 100\% = \frac{0.319\text{kg} - 0.246\text{kg}}{0.319\text{kg}} \cdot 100\% = 22.9\%$$

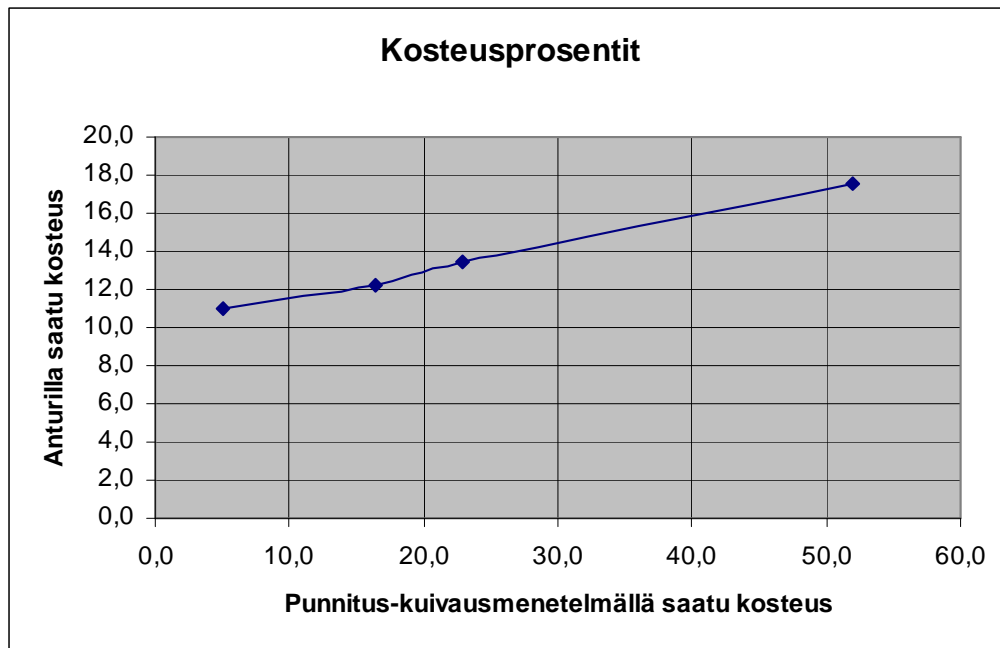
ja

$$w = \frac{m_{\text{vesi}} - m_{\text{kuiva}}}{m_{\text{vesi}}} \cdot 100\% = \frac{0.426\text{kg} - 0.204\text{kg}}{0.426\text{kg}} \cdot 100\% = 51.9\% .$$

Anturilla saadut ja punnitus-kuivausmenetelmällä saadut hakkeen kosteudet on merkitty taulukkoon 4 ja kuvioon 11. Testeissä saadut mittaustulokset lähetettiin laitevalmistajalle, jolta saadaan arvot mittalaitteen kalibroimiseksi hakekäyttöä varten. Laitevalmistajalta saadut arvot syötetään laitteen ohjausyksikköön, minkä jälkeen hakkeen kosteudesta tulisi saada tarkka tieto. Kytkemällä anturin virtaviestit ohjelmoitavan logiikan analogiatulokorttiin, voidaan myös logiikalle tehdä ohjelma, joka muuttaa virtaviestien arvon hakkeen suhteelliseksi kosteudeksi.

Taulukko 4. Testeissä saadut hakkeen kosteudet

	Anturilla saatu kosteus	Punnitus-kuivausmenetelmällä saatu kosteus
Näyte 1	11,0 %	5,1 %
Näyte 2	12,2 %	16,4 %
Näyte 3	13,4 %	22,9 %
Näyte 4	17,4 %	51,9 %



Kuvio 11. Testauksessa saadut kosteusprosentit

6 POHDINTA

Kaasuttimeen menevän hakkeen kosteus vaikuttaa merkittävästi hakkeen kaasutukseen Gasek Oy:n voimaloissa, joten tälle opinnäytetyölle oli olemassa työelämälähtöinen tarve. Hakkeen kosteus vaikuttaa sen palamisprosessiin ja sitä kautta kaasuun, jota käytetään polttoaineena Gasek Oy:n voimaloissa. Tästä syystä tieto reaktoriin menevän hakkeen kosteudesta on tärkeää. Yhdistämällä anturin logiikkaan saadaan hakkeen kosteudesta sekä lämpötilasta trenditiedot, joiden perusteella voidaan päätellä hakkeen kosteuden vaikutusta prosessin toimintaan. Hakkeen kosteuden tietoja hyväksi käyttäen voidaan mahdollisesti myös säätää prosessin toimintaa erilaisille hakkeille.

Gasek Oy:n laboratoriossa tehtyjen testien perusteella voidaan todeta, että RDS CMM 100 mittausjärjestelmällä voidaan mitata hakkeen reaaliaikainen kosteus, mikäli kalibroinnin jälkeen saadut hakkeen kosteuden arvot vastaavat todellista hakkeen kosteutta. Mittauksen tarkkuuteen voidaan vaikuttaa vertailemalla mitattua kosteutta todelliseen kosteuteen ja uudelleen kalibroimalla järjestelmä. Tämä toimenpide olisi hyvä suorittaa säännöllisin väliajoin, jotta mittauksen tarkkuus pysyy halutuissa rajoissa. Kyseisen mittausmenetelmän ongelmana voidaan pitää suurella raekoolla mahdollisesti ilmenevää riittämätöntä kosketusta anturin ja hakkeen välillä. Anturin tulee saada riittävä kosketus mitattavaan hakkeeseen, jotta mittauksen tulos on luotettava. Hakkeen suuri raekoko voi näin ollen aiheuttaa mittausvirheen. Anturi voidaan myös joutua puhdistamaan ajoittain, mikäli hakkeen seassa olevat pöly ja kosteus likaavat anturin mittauspinnan. Kapasitiiviseen menetelmään perustuvissa mittauksissa ongelmana on myös hakkeen pintakosteus, joka vääristää tulosta.

Hakkeen kosteuden mittaamiseen soveltuvia ratkaisuja kartoittaessa huomattiin, että erilaisia ratkaisuja kosteuden mittaamiseen löytyi useita, mutta kaupallisia ratkaisuja jatkuvatoimiseen mittaamiseen löytyi vain muutamia. Kartoituksessa löytyneistä ratkaisuista moni rajautui pois, sillä ne eivät vastanneet Gasek Oy:n voimalan tarpeita. Erityisesti antureiden käyttölämpötila rajasi useita ratkaisuja pois vaihtoehtoista. Hakkeen kosteuden jatkuvatoimiseen mittaamiseen tarkoitettujen menetelmien ovat vielä nuoria ja ne tulevat varmasti kehittymään tulevaisuudessa. Hakkeen kosteuden mittaaminen onnistuu jo nykyaikaisilla menetelmillä, mutta toimivuus ja tarkkuus tulevat varmasti kehittymään tulevaisuudessa. Erilaiset yhdistelmämittaukset voivat olla

yksi ratkaisu tarkempien tulosten saamiseksi. Kaupallisten ratkaisujen yleistyessä myös hinnat tulevat todennäköisesti alenemaan.

Tässä opinnäytetyössä päätavoitteena oli saada tieto siitä, löytyykö Gasek Oy:n tarpeisiin soveltuvaa hakkeen kosteuden mittaamiseen tarkoitettua menetelmää ja laitetta. Tämä tavoite saavutettiin sillä hakkeen kosteuden jatkuvatoimiseen mittaamiseen soveltuva menetelmä löydettiin. Valittu anturi myös osoittautui testeissä toimivaksi sillä se lähetti erilaisen virtaviestin hakkeen kosteudesta riippuen. Toisena tavoitteena oli saada reaaliaikainen tieto hakkeen kosteudesta. Tämän opinnäytetyön aikataulun puitteissa tähän tavoitteeseen ei täysin päästy, mutta laitteen kalibroinnin jälkeen hakkeen kosteudesta tullaan saamaan reaaliaikainen tieto. Jotta RDS CMM 100 mittausjärjestelmä voitaisiin ottaa laajemmin käyttöön, tulisi sille suorittaa pidempi koeajo. Voimalaitokseen sijoitettuna laite on alttiina lämpötilanvaihteluille ja tärinälle. Pidemmän koeajon avulla selviäisi haittaavatko nämä seikat laitteen toimintaa. Koeajon yhteydessä olisi hyvä käyttää erilaisia hakkeen raekokoja, jotta selviäisi myös laitteen soveltuvuus suuremmalla raekoolla. Mikäli tulokset vaihtelevat raekoosta riippuen, tulee laite kalibroida erikseen suuremmalle raekoolle. Koeajoa varten olisi hyvä tehdä logiikkaohjelma, joka tallentaa tiedon hakkeen kosteudesta trendikäyräksi. Trendikäyrältä voitaisiin seurata hakkeen kosteutta ja verrata sitä muun muassa kaasun lämpötilaan. Näiden toimenpiteiden jälkeen voitaisiin todeta sopiiko RDS CMM 100 järjestelmä Gasek Oy:n tarpeisiin.

Opinnäytetyö oli hyvin opettavainen kokemus. Sain runsaasti tietoa muun muassa kosteudenmittausmenetelmistä, laitteiden soveltuvuuden vertailusta sekä testauksesta. Sain myös hyvää kokemusta projektityöskentelystä sekä hyvän suunnittelun tärkeydestä, sillä tätä opinnäytetyötä tehtäessä huomasin, että projektin ja testauksen huolellinen suunnittelu helpottavat ja nopeuttavat työskentelyä huomattavasti. Opinnäytetyön haasteena ja kehittämiskohteena näenkin juuri suunnittelun, sillä projekti olisi edennyt sujuvammin, mikäli aikataulu olisi suunniteltu tarkemmin. Tällöin olisi mahdollisesti myös ehditty saada laitteen kalibrointi-arvot laitevalmistajalta ja suorittaa lopputestauksen kalibroidulla laitteella. Näin olisi saatu parempi tieto laitteen soveltuvuudesta Gasek Oy:n tarpeisiin. Mikäli aikaa olisi jäänyt enemmän, projektiin olisi lisäksi voinut sisällyttää logiikkaohjelman, joka näyttää hakkeen kosteuden sekä tallentaa sen trenditietoihin.

LÄHTEET

- Alakangas, Eija & Alanen, Veli-Matti & Airaksinen, Leevi & Puhakka, Asko & Soini, Risto & Siponen, Tuomo & Kainulainen, Seppo 2001. Hakelämmitysoapas, Helsinki: Motiva.
- Aumala, Olli 1996. Teollisuusprojektien mittaukset. 3. painos. Tampere: Pressus Oy
- Chekline 2013. BLO Online Online Moisture Measuring System. Hakupäivä 2.2.2013
<http://www.checkline.com/biomass_moisture_content/BLO#features>
- Döscher&Döscher 2013. In-line Moisture Measurement. Hakupäivä 2.2.2013
<http://www.doescher.com/englisch/pdf/MoistureScan_en.pdf>
- EMT 2013. Capacitive Sensors. Hakupäivä 2.2.2013.
<<http://www.emt.tugraz.at/sensors/capacitivesensors>>
- Gasek Oy:n www-sivut 2012. Hakupäivä 20.1.2013. <<http://www.gasek.fi>>
- Hantor-Mittaust Oy 2013. Kiintoaineiden kosteusmittaus | ACO. Hakupäivä 2.2.2013
<<http://hantor.fi/tuotteet/prosessianalysaattorit/kiintoaineiden-kosteusmittaus-aco>>
- Heinonen, Martti 2006. Kosteusmittausten haasteet.
<http://www.mikes.fi/documents/upload/luotettavuutta_paastokauppaan_kosteusmittausten_haasteet.pdf>
- Humimeter.com 2013. Humimeter BLO Online measuring system. Hakupäivä 2.2.2013
<<http://www.humimeter.com/en/Climate-Environment/contShow-58.html>>
- Järvinen, Timo & Malinen, Jouko & Teppola, Pekka & Tiitta, Markku 2007. State of art – Selvitys puun kosteusmittauksesta, VTT.
- Koskela, Vesa, Gasek Oy, RE:Kosteusmittaus 'hain evä', sähköpostiviesti, heikki.nikola@gasek.fi & vesa.mikkonen@gasek.fi & janne.aula@gasek.fi & kauko.vainamo@gasek.fi, 14.5.2012.
- Linna, Veli & Järvinen, Timo 1984. Hakkeen keinokuivatuksen tekniset ratkaisut ja taloudellisuus. Helsinki: Poly kopio Oy
- McGown, Graeme 2009. Online moisture analysis in materials handling. Hakupäivä 15.2.2013 <<http://www.processonline.com.au/articles/36945-Online-moisture-analysis-in-materials-handling>>
- MoistTech 2013. NIR Moisture Sensors for Measurement & Control from Lab to Line. Hakupäivä 2.2.2013. <<http://www.moisttech.com>>
- Opetushallitus 2013. Kosteuden mittaus elintarvikkeesta. Hakupäivä 4.4.2013
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/elintarvikeanalyysit_kosteus.html>
- Räsänen, Jouko 1994. Automaatiotekniikan mittauksia. Helsinki: Painatuskeskus.
- Tak-sai 2013. Jatkuva toiminen kosteusmittari RDS CMM 100. Hakupäivä 2.2.2013
<http://www.tak-sai.com/tak-shop/product_details.php?p=221>
- University Of Texas Libraries. The Electromagnetic Spectrum. Hakupäivä 15.2.2013
<<http://www.lib.utexas.edu/chem/info/spectrum.html>>

LIITTEET

- Liite 1. Testauspöytäkirja
- Liite 2. Anturin sijoituskuvat

Testauspöytäkirja

RDS CMM 100 anturin testaus

Mittaus 1	
Hake	Laimet HP-28 104/2
Kosteus (anturi)	11.0 %
Kosteus (punnitus-kuivaus)	5.1 %
Kanava (vilja tyyppi)	B

Mittaus 2	
Hake	Ulkosiilo
Kosteus (anturi)	12.2 %
Kosteus (punnitus-kuivaus)	16.4 %
Kanava (vilja tyyppi)	B

Mittaus 3	
Hake	kostea hake
Kosteus (anturi)	13.4 %
Kosteus (punnitus-kuivaus)	22.9 %
Kanava (vilja tyyppi)	B

Mittaus 4	
Hake	märkä hake
Kosteus (anturi)	17.4 %
Kosteus (punnitus-kuivaus)	51.9 %
Kanava (vilja tyyppi)	B

Ohjausyksikön Diagnostics valikosta luetut arvot:

	Diagnostics					
Kanava	A	B	C	D	E	F
Mittaus 1	0.08	2,75	21,50	10,50	10,90	OFF
Mittaus 2	0,15	2,75	21,50	10,50	11,10	OFF
Mittaus 3	0,75	2,65	20,30	12,70	13,40	OFF
Mittaus 4	1,72	2,65	20,10	16,70	17,50	OFF

Tekijä

Jami Harmaala

Päivämäärä

17.4.2013

